

BOLYGÓLAPÁTOZÁSÚ, KÉNYYSZERRENDSZERŰ BETONKEVERŐGÉPEK MÉRETEZÉSÉNEK ÚJ MÓDSZERE

RÁCZ Kornélia

Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar
Építő- és Anyagmozgató Gépek Tanszék

A betonkészítéssel szemben mind a mennyiségi, mind a minőségi követelmények jelentős mértékben megnöttek. Alapkövetelmény, hogy a lehető legrövidebb idő alatt és minimális energiaráfordítással egyenletes minőségű keverék kerüljön ki a betonkeverőgépből. Ezt a követelményt csak akkor lehet kielégíteni, ha a keverőgép paramétereinek a keverési folyamatra való hatása ismert és előre meghatározható.

A probléma felvetése

A betonkeverőgép szerkezete és keverési módja jelentős mértékben befolyásolja mind a megkevert anyag minőségét, mind az optimális keverési időt és teljesítményfelvételt. A témával foglalkozó, viszonylag kis számú szakirodalmi közleményben leírt és részben ellentmondó vizsgálati eredményekből azonban megállapítható, hogy az egyes paraméterek hatása közti általános összefüggés feltárására ez ideig még nem került sor. Ezért ma még elég nagy a bizonytalanság egy adott feladatnak legjobban megfelelő keverőgép kifejlesztése terén. Hasonlóan nincsenek meg a kielégítő támpontok annak kiválasztására, hogy egy adott feladat ellátására szolgáló, különböző típusú berendezések közül melyikkel lehet az optimális eredményt elérni.

Az új méretezési módszer ismertetésekor a következő témakörökkel kívánok foglalkozni:

- Bolygómozgást végző lapát hajtásához szükséges teljesítményigény meghatározására szolgáló új méretezési elmélet ismertetése. Az e témával foglalkozó szakirodalmi közleményben leírt méretezési elmélet ugyanis több olyan téves feltételezést tartalmaz, mely alapján az tényleges számításokra nem alkalmazható egyértelműen.
- A keverőlapátmozgásra ható erőt — és így a teljesítményigényt is — meghatározó fajlagos keverési ellenállás tényező változása a betonmagasság és a keverőlapát magasságának viszonyszáma, a keverőlapátok kerületi sebessége és a beton konzisztenciája függvényében.
- A megfelelő kevertségi állapot eléréséhez szükséges keverési idő és a keverőgép egyes jellemző paraméterei közti közelítő kapcsolat.

Bolygómozgást végző keverőlapát hajtásához szükséges teljesítményigény

Az új méretezési módszer kiindulási alapja a körmozgást végző keverőlapát hajtásának teljesítményigényét meghatározó egyszerű összefüggés, mely szerint:

$$P_k = \frac{k \cdot h \cdot \omega (r_2^2 - r_1^2)}{2 \cdot 10^3} [kW] \quad (1)$$

ahol: k — a beton keveréssel szembeni fajlagos ellenállás tényezője $[N/m^2]$

h — a keverőlapát magasságának vetülete a függőleges síkban $[m]$

ω — a keverőlapát szögsebessége $[1/sec]$

r_2 — a keverőlapát külső élének távolsága a forgástengelytől $[m]$

r_1 — a keverőlapát belső élének távolsága a forgástengelytől $[m]$

Az (1) kifejezés átalakításával az alábbi összefüggés írható fel:

$$P = \frac{k \cdot h \cdot A_l}{T} [W] \quad (2)$$

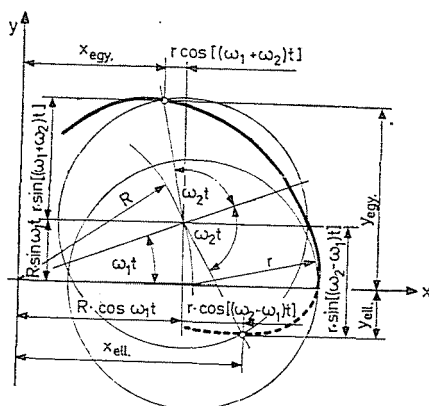
ahol: A_l — a keverőlapát által T idő alatt súrolt terület nagysága $[m^2]$

A bolygómozgást végző keverőlapátok két különböző tengely körül végeznek forgómozgást, melynek következtében ezek a lapátok epiciklois (a két forgásirány azonos értelmű — egyenáramú keverőgép) vagy hipociklois (ellenáramú keverőgép) görbét írnak le (lásd 1. ábra).

Az 1. ábra jelöléseinek megfelelően a bolygómozgású keverőlapát tet-szőleges pontjának mozgását leíró egyenletrendszer a következő:

$$x = R \cos(\omega_1 t) \pm r \cos[(a \pm 1)\omega_1 t] \quad (3)$$

$$y = R \sin(\omega_1 t) \pm r \sin[(a \pm 1)\omega_1 t]$$



1. ábra

ahol: R — a keverőmű tengelye és a keverőcsillag tengelye közti távolság [m]
 r — a keverőlapát tetszőleges pontjának távolsága a keverőcsillag tengelyétől [m]
 ω_1 — a keverőmű szögsebessége [1/sec]
 ω_2 — a keverőcsillag saját tengelye körüli mozgásának szögsebessége [1/sec]
 a — áttételi viszonzszám (a két forgás szögsebességének viszonya)

$$a = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

A (3) egyenletrendszerben (és a továbbiakban) a felső előjelek egyenáramú keverőgépre (epiciklois), az alsók ellenáramú berendezésekre (hipociklois) vonatkoznak.

A (3) egyenletrendszert a keverőlapát külső, ill. belső pontjára felírva, a lapát által súrolt területre (a függvény periodicitásának megfelelő $t_1 = 0$ és $t_2 = \frac{2\pi}{a\omega_1}$ tartományban) az alábbi kifejezés írható fel:

$$A_l = 2r_0 b \cos \gamma \frac{a \pm 1}{a} \cdot \pi \quad (4)$$

ahol: r_0 — a keverőlapát középső pontjának távolsága a keverőcsillag tengelyétől [m]
 b — a keverőlapát szélessége [m]
 γ — a keverőlapát hajlásszöge, a keverőcsillag tengely és a keverőlapát középső pontján átmenő egyeneshez képest.

A bolygómozgást végző keverőlapát mozgáspályájának részletes elemzéséből, és a (4) összefüggés érvényességi tartományának vizsgálatából a keverőgép fő paraméterei közti kapcsolat célszerű megválasztására kapott összefüggés szerint:

$$R < r_0(a \pm 1) \quad (5)$$

A fő paraméterek (5) feltétel szerinti megválasztásakor egyrészt a keverőgépben a központi mozgással (körmozgást végző lapátok mozgása) ellentétes irányú áramlás is létrejön, mely a keveredés intenzitását növeli. Másrészt, ha a leírt feltétel nem teljesül, akkor a bolygólapátok a mozgásuk során mindkét oldalról felváltva kapnak terhelést, így bizonytalanná válhat a hajtómű és a motor védelmére általánosan alkalmazott csavarrugós lapát felfüggesztés működése.

A fajlagos keverési ellenállási tényező meghatározása

A lapát mozgatásával szembeni ellenállási tényező fajlagos értékét (k) egy változtatható paraméterekkel rendelkező bolygólapátózású betonkeverőgépen vizsgáltuk a lapátra ható erő regisztrálásán keresztül.

A vizsgálatok az alábbi gép- és betonjellemzők hatására terjedtek ki:

- a keverőgép lapátózásának kerületi sebessége (a körmozgást végző lapát-nál a $v_{köz} = 0,36 \dots 0,56$ m/sec tartományban; a bolygómozgásúnál a $v_{köz}^{max} = 0,48 \dots 0,74$ m/sec tartományban, 4—4 különböző fokozatban);
- a beton rétegvastagságának (H) és a lapát magasságának (h) viszonya $\left(\frac{H}{h} = 1; 1,3 \text{ és } 1,6\text{-os értékek esetén}\right)$;
- a beton konzisztenciája (7 különböző konzisztencia esetén, száraz anyagtól, a „folyós” betonig).

A lapátózás elrendezése, geometriai arányai és hajlásszögei a gyakorlatban általánosan alkalmazott értékeknek feleltek meg.

A mérési eredmények feldolgozása során korreláció számítással határoztuk meg a vizsgált gép- és betonjellemzőknek az ellenállási tényezőre gyakorolt hatását leíró, közelítő függvénykapcsolatot, mely szerint:

$$k_k = (0,9 + 0,25 v_{köz}) \cdot \left(0,25 + 0,50 \frac{H}{h}\right) \cdot (3,60 - 2,3 k_{CF}) 10^4 \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (6)$$

$$k_b = (0,65 + 0,50 v_{köz}^{max}) \cdot \left(-0,45 + 0,90 \frac{H}{h}\right) \cdot (7,11 - 5,5 k_{CF}) \cdot 10^4 \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (7)$$

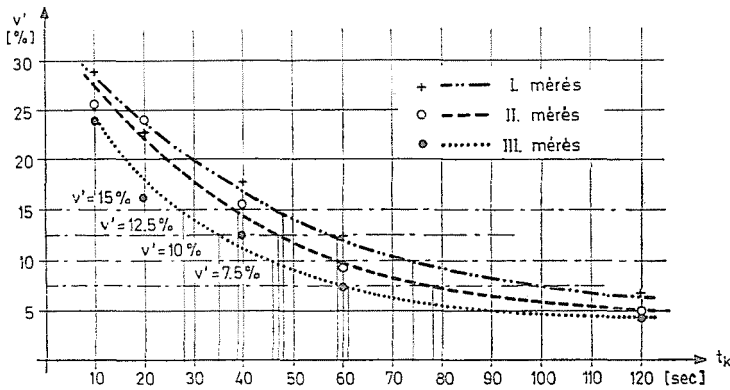
ahol: k_{CF} — a beton konzisztenciáját jelző tömörödési tényező ($k_{CF} = 0,64 \dots 1,0$).

A fenti közelítő összefüggések használhatóságát ipari körülmények között üzemelő keverőgépen végzett mérésekkel is ellenőriztük.

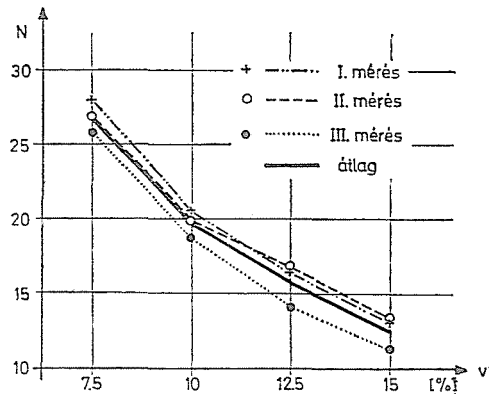
A betonkeverőgép paraméterei és a keverési idő közti kapcsolat

A keverőberendezés paramétereinek a keveredés hatékonyságára való hatásával a témával foglalkozó szakirodalomban nagyon kevés hivatkozás található. Ebben a témakörben a különböző szerzők elsősorban az eltérő rendszerű keverőgépeket hasonlítják össze, vagy egy-egy új típusú gép előnyeinek bizonyítása érdekében történik az összehasonlítás (gyártó cégek kiadványai).

Az e területen mutatkozó bizonytalanságra utal az a körülmény is, hogy egy-egy azonos gépkategória (pl. 1000 literes keverők) esetén a különböző



2. ábra



3. ábra

gyártmányú keverőgépek teljesítőképességének gyári adatai közel azonos értékek, függetlenül az egyes gyártmányok eltérő kialakításától (lapátozás, fordulatszám, beépített motorteljesítmény).

A keverőgép paraméterek és a keverési idő, ill. a teljesítőképesség közti kapcsolat vizsgálata céljából elvégzett méréseink új eredményekkel szolgáltak. A bolygólapátozású keverőgépen végzett vizsgálataink során a keveredés minőségének változását mintavételezéssel ellenőriztük. A kevertiségi állapot jellemzésére a mintákban az egy kiválasztott adalékanyag frakció mennyiségének részarányából (súly %) számított „módosított variációs tényező” (v') szolgált. A mérések alapján megállapítható, hogy a — szakirodalom alapján megfelelőnek minősített — 10%-os variációs tényező eléréséhez szükséges keverési idő függ a lapátok kerületi sebességétől, méreteitől, ill. a lapátok által időegység alatt megmozgatott anyagmennyiségtől (lásd 2. ábrán I.—III. mérések).

Ezen az ismert megállapításon túlmenően a mérési eredmények elemzéséből megállapítható, hogy egy adott minőség eléréséhez, a keverőgép vizsgált paramétereitől (lapát kerületi sebesség, lapátok által súrolt terület) függetlenül állandó „átkeverési számra” (N) van szükség (lásd: 3. ábra).

Az átkeverési szám „állandóságát” feltételezve a keverési idő (t_k) a következők szerint számítható:

$$t_k = T \cdot N \cdot \frac{A_e}{A_0} \text{ [sec]} \quad (8)$$

ahol: N — átkeverési szám, mely megadja, hogy egy adott variációs tényező eléréséhez a teljes anyagmennyiséget hányszor kell átkeverni (3. ábra);

T — keverőlapátok teljes körülfordulásának ideje [sec] $T = 60$

$$T = \frac{60}{n_1}$$

A_e — keverőedény hasznos felülete [m^2]

A_0 — a keverőlapátok által „ T ” idő alatt súrolt terület [m^2]

A bolygólapátos keverőgépnél kapott eredmények általánosításához azonban további vizsgálatok szükségesek más rendszerű (pl. rotoros) betonkeverőgépeken. Rotoros rendszerű keverőgépeknél az azonos keveredettséget biztosító átkeverési szám valószínűleg nagyobb, mint a vizsgált rendszerűnél, mivel azoknál a keverék sugárirányú áramlása csak a keverőlapátok ferde elhelyezése következtében valósul meg. Ebből következhet, hogy a rotoros betonkeverőgépeknél a vizsgált tényezőkön kívül a lapátozás hajlásszögeinek megválasztása jelentősebb szerepet játszhat a keverés időszükségletében is, ennek vizsgálatát kell kitűzni a további kutatómunka feladatául.

Dr. Rác Kornélia egy. adjunktus